

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 3 月 2 9 日
Date of Application:

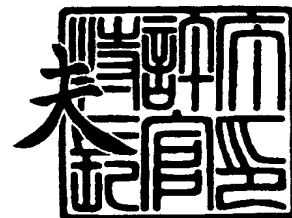
出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 0 9 6 4 2 2
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 2 - 0 9 6 4 2 2]

出 願 人 キヤノン株式会社
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 1 月 2 5 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 4630046

【提出日】 平成14年 3月29日

【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿

【国際特許分類】 G11B 11/00

【発明の名称】 垂直磁気記録媒体、その製造方法、磁気記録再生装置及び情報処理装置

【請求項の数】 16

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社
社内

【氏名】 安居 伸浩

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社
社内

【氏名】 福谷 和彦

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社
社内

【氏名】 田 透

【特許出願人】

【識別番号】 000001007

【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

【代表者】 御手洗 富士夫

【代理人】

【識別番号】 100069017

【弁理士】

【氏名又は名称】 渡辺 徳廣

【電話番号】 03-3918-6686

【手数料の表示】**【予納台帳番号】** 015417**【納付金額】** 21,000円**【提出物件の目録】****【物件名】** 明細書 1**【物件名】** 図面 1**【物件名】** 要約書 1**【包括委任状番号】** 9703886**【プルーフの要否】** 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 垂直磁気記録媒体、その製造方法、磁気記録再生装置及び情報処理装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板と、該基板上に配置されている軟磁性層と記録層を有する垂直磁気記録媒体において、前記軟磁性層が基板垂直方向に立っている柱状軟磁性体と、該柱状軟磁性体の周囲を取り囲む非磁性材料からなる非磁性領域からなることを特徴とする垂直磁気記録媒体。

【請求項 2】 前記非磁性材料は $Al_x Si_{1-x}$ ($x = 0.02 \sim 0.2$) またはその酸化物を主成分として含有する請求項 1 に記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項 3】 前記非磁性材料は $Al_x Si_{1-x}$ ($x = 0.02 \sim 0.2$) と柱状軟磁性体の構成材料を主成分として含有する請求項 1 に記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項 4】 前記柱状軟磁性体の平均直径が $1 \sim 9 \text{ nm}$ 、平均間隔が $3 \sim 10 \text{ nm}$ である請求項 1 に記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項 5】 前記柱状軟磁性体の形状が円柱状である請求項 1 乃至 4 のいずれかの項に記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項 6】 前記柱状軟磁性体は $NiFe$ からなる請求項 1 乃至 5 のいずれかの項に記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項 7】 前記基板と軟磁性層との間に単層または 2 層以上の非磁性導電膜からなる下地層が設けられている請求項 1 に記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項 8】 前記軟磁性層と記録層との間に単層または 2 層以上の非磁性導電膜からなる下地層が設けられている請求項 1 に記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項 9】 請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載の垂直磁気記録媒体を用いた磁気記録再生装置。

【請求項 10】 請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載の垂直磁気記録媒体を用いた磁気記録再生装置を使用した情報処理装置。

【請求項 11】 基板と、該基板上に配置されている軟磁性層と記録層を有する垂直磁気記録媒体の製造方法であって、基板上にアルミニウムを主成分とす

る柱状構造部分と該柱状構造部分の周囲を取り囲むように配置されるシリコンを主成分とする非磁性領域を形成する工程、該アルミニウムを主成分とする柱状構造部分を柱状軟磁性体に置換して軟磁性層を形成する工程を有することを特徴とする垂直磁気記録媒体の製造方法。

【請求項 1 2】 前記基板上にアルミニウムを主成分とする柱状構造部分と該柱状構造部分の周囲を取り囲むように配置されるシリコンを主成分とする非磁性領域を形成する工程が、非平衡状態でのアルミニウムとシリコンの同時堆積の過程を有する請求項 1 1 に記載の垂直磁気記録媒体の製造方法。

【請求項 1 3】 前記アルミニウムを主成分とする柱状構造部分を柱状軟磁性体に置換する工程が、酸溶液中に浸漬することによりアルミニウムを主成分とする柱状構造部分をエッチングして微細柱状空孔を形成する工程、次いで該微細柱状空孔に軟磁性体を充填する工程を有する請求項 1 1 に記載の垂直磁気記録媒体の製造方法。

【請求項 1 4】 前記アルミニウムを主成分とする柱状構造部分を柱状軟磁性体に置換する工程が、酸溶液中における陽極酸化によりアルミニウムを主成分とする柱状構造部分をエッチングして微細柱状空孔を形成する工程、次いで該微細柱状空孔に軟磁性体を充填する工程を有する請求項 1 1 に記載の垂直磁気記録媒体の製造方法。

【請求項 1 5】 前記微細柱状空孔に軟磁性体をメッキ法により充填する請求項 1 3 または 1 4 に記載の垂直磁気記録媒体の製造方法。

【請求項 1 6】 アルミニウムを含み構成される柱状構造体と該柱状構造体を取り囲むシリコン領域を有し、且つ該混合体にはシリコンが 20 atomic % 以上 70 atomic % 以下の割合で含まれているアルミニウムシリコン混合体を用意する第 1 の工程、該混合体にエッチング処理あるいは陽極酸化処理を施す第 2 の工程、及び前記第 2 の工程により形成される細孔に磁性材料を充填する第 3 の工程を有することを特徴とする磁気記録媒体の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、垂直磁気記録媒体、その製造方法、それを用いた磁気記録再生装置及び情報処理装置に関し、特に高密度記録に適した2層垂直磁気記録媒体の軟磁性層に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年の情報処理の飛躍的な増大に伴って、磁気ディスク装置などの情報記録技術も大幅な大容量化が求められている。特にハードディスクにおいては現在単位面積当たりの記録情報量が年率60%を超える勢いで増加している。今後も情報記録量の増大が望まれており、また携帯用などの記録装置としても小型化、高密度化が望まれている。

【0003】

従来利用されてきたハードディスク用磁気記録媒体は長手方向磁気記録方式であり、磁化はディスク表面に平行に記録されている。この長手方向磁気記録方式では高密度化に伴い磁区内の反磁界を抑え、且つ磁化状態の検出に媒体上方に磁界を出すために磁気記録層を薄くしていく必要がある。そのため磁性微粒子1つ当たりの体積が極度に小さくなり、超常磁性効果が発生しやすい傾向にある。すなわち、磁化方向を安定させているエネルギーが熱エネルギーより小さくなり、記録された磁化が時間とともに変化し、記録を消してしまうことが起こる。このため近年では長手方向磁気記録に代わって記録層の膜厚を大きくとれる垂直磁気記録方式へ移行する研究が盛んに行われている。

【0004】

垂直磁気記録方式では、基板垂直方向への膜厚の制限が弱まり、記録領域の縮小に伴う体積の減少が格段に抑制できることが強みである。現在、垂直磁気記録媒体は、単層の磁気記録層を用いるタイプと高透磁率な軟磁性層を裏打ち層としてその上に硬磁性な記録層を用いる2層タイプが提案されている。後者の場合は垂直磁気ヘッドからの磁界を記録層へ集中させ、磁界を軟磁性層に水平に通してヘッド側へ戻す磁気回路を構成するものである。この裏打ち層を用いた2層タイプ（特開平52-78403号公報）では記録再生特性を向上させる効果を示すことが知られている。

【0005】

しかし、裏打ち層である軟磁性層を用いた2層垂直磁気記録媒体では、記録再生において、スパイク状のノイズが観測され、バルクハウゼンノイズと呼ばれている。これは、軟磁性層中に存在する磁壁の状態変化が問題であると考えられており、この磁壁の安定化がノイズを無くするためには必須である。

【0006】

そこで、磁壁の移動を抑える目的でバイアス磁界を印加する方法、また図3に示されるようなグラニューラ膜にすることで磁壁の存在をなくす（特開2001-101644）等の対策が講じられている。特に、磁壁を無くすために軟磁性粒子部分31と非磁性体部分30からなるグラニューラ膜にすることは有効であるが、軟磁性粒子部分31の形状、大きさの分布制御やグラニューラ膜中の粒子密度の制御が非常に難しい。つまり、軟磁性粒子の直径32と軟磁性粒子の間隔33を均一化することが望まれる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

上記従来技術においては、グラニューラ膜中の軟磁性粒子の形状、大きさの分布、粒子密度の分布が問題となって、平均透磁率を一樣にすることが困難であった。

【0008】

従って、本発明者らは、非磁性母材中に軟磁性材料を分散させるときの形状としては、基板に垂直方向に立った柱状構造が好ましいことを見出した。この場合、基板に垂直方向には膜厚と同じ高さの柱状軟磁性体が存在し、その高さ揺らぎは極度に抑えることが可能である。また、面内方向においても、柱状軟磁性体における直径の揺らぎの小さなものが作製可能である。

【0009】

そこで、本発明の目的は、基板に垂直方向に立った無数の円柱状アルミニウムの周囲をシリコンで取り囲んだ構造を有する膜を用い、アルミニウム部分を柱状軟磁性体に置換することで、柱状軟磁性体が均一に分散した軟磁性層を形成し、該軟磁性層を用いることにより、記録再生ノイズを低減可能にする2層垂直磁気

記録媒体を提供することである。

【0010】

また、本発明の別の目的は、上記垂直磁気記録媒体を用いた磁気記録再生装置を提供することである。

また、本発明の別の目的は、上記磁気記録再生装置を用いた情報処理装置を提供することである。

【0011】

また、本発明の別の目的は、基板の垂直方向に立った無数の円柱状アルミニウムの周囲をシリコンで取り囲んだ構造を有する膜を用い、アルミニウム部分を柱状軟磁性体に置換することにより、柱状軟磁性体が均一に分散した軟磁性層を形成した垂直磁気記録媒体を製造する方法を提供することである。

【0012】

【課題を解決するための手段】

即ち、本発明の第一の発明は、基板と、該基板上に配置されている軟磁性層と記録層を有する垂直磁気記録媒体において、前記軟磁性層が基板垂直方向に立っている柱状軟磁性体と、該柱状軟磁性体の周囲を取り囲む非磁性材料からなる非磁性領域からなることを特徴とする垂直磁気記録媒体である。

【0013】

前記非磁性材料は $Al_x Si_{1-x}$ ($x=0.02\sim0.2$) またはその酸化物を主成分として含有するのが好ましい。

【0014】

前記非磁性材料は $Al_x Si_{1-x}$ ($x=0.02\sim0.2$) と柱状軟磁性体の構成材料を主成分として含有するのが好ましい。

前記柱状軟磁性体の平均直径（以降、直径とも称する）が $1\sim9\text{ nm}$ 、平均間隔（以降、間隔とも称する）が $3\sim10\text{ nm}$ であるのが好ましい。

前記柱状軟磁性体の形状が円柱状であるのが好ましい。

【0015】

前記柱状軟磁性体は $NiFe$ からなるのが好ましい。

前記基板と軟磁性層との間に単層または2層以上の非磁性導電膜からなる下地

層が設けられているのが好ましい。

前記軟磁性層と記録層との間に単層または2層以上の非磁性導電膜からなる下地層が設けられているのが好ましい。

【0016】

本発明の第二の発明は、前記垂直磁気記録媒体を用いた磁気記録再生装置である。

本発明の第三の発明は、前記磁気記録再生装置を用いた情報処理装置である。

【0017】

本発明の第四の発明は、基板と、該基板上に配置されている軟磁性層と記録層を有する垂直磁気記録媒体の製造方法であって、基板にアルミニウムを主成分とする柱状構造部分と該柱状構造部分の周囲を取り囲むように配置されるシリコンを主成分とする非磁性領域を形成する工程、該アルミニウムを主成分とする柱状構造部分を柱状軟磁性体に置換して軟磁性層を形成する工程を有することを特徴とする垂直磁気記録媒体の製造方法である。

【0018】

前記基板にアルミニウムを主成分とする柱状構造部分と該柱状構造部分の周囲を取り囲むように配置されるシリコンを主成分とする非磁性領域を形成する工程が、非平衡状態でのアルミニウムとシリコンの同時堆積の過程を有するのが好ましい。

【0019】

前記アルミニウムを主成分とする柱状構造部分を柱状軟磁性体に置換する工程が、酸溶液中に浸漬することによりアルミニウムを主成分とする柱状構造部分をエッチングして微細柱状空孔を形成する工程、次いで該微細柱状空孔に軟磁性体を充填する工程を有するのが好ましい。

【0020】

前記アルミニウムを主成分とする柱状構造部分を柱状軟磁性体に置換する工程が、酸溶液中における陽極酸化によりアルミニウムを主成分とする柱状構造部分をエッチングして微細柱状空孔を形成する工程、次いで該微細柱状空孔に軟磁性体を充填する工程を有するのが好ましい。

前記微細柱状空孔に軟磁性体をメッキ法により充填するのが好ましい。

【0021】

本発明の第五の発明は、アルミニウムを含み構成される柱状構造体と該柱状構造体を取り囲むシリコン領域を有し、且つ該混合体にはシリコンが20 atomic %以上70 atomic %以下の割合で含まれているアルミニウムシリコン混合体を用意する第1の工程、該混合体にエッチング処理あるいは陽極酸化処理を施す第2の工程、及び前記第2の工程により形成される細孔に磁性材料を充填する第3の工程を有することを特徴とする磁気記録媒体の製造方法である。

【0022】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を詳細に説明する。

<垂直磁気記録媒体の構成>

本発明の垂直磁気記録媒体は、基板と、該基板上に配置されている軟磁性層と記録層を有する垂直磁気記録媒体において、前記軟磁性層が基板垂直方向に立っている柱状軟磁性体と、該柱状軟磁性体の周囲を取り囲む非磁性材料からなる非磁性領域からなることを特徴とする。

【0023】

本発明の垂直磁気記録媒体を図面に基づいて説明する。図1は本発明の垂直磁気記録媒体の構成を示す模式図である。図2は本発明の垂直磁気記録媒体における軟磁性層の構成を示す模式図である。

【0024】

図1において、10は基板、11は下地層A、12は軟磁性層、13は下地層B、14は記録層、15は保護層、16は潤滑層である。また、図2において、20は非磁性領域、21は柱状軟磁性体、22は柱状軟磁性体の直径、23は柱状軟磁性体の間隔である。

【0025】

本発明では、基板10の上に、順に下地層A 11、軟磁性層12、下地層B 13、記録層14、保護層15および潤滑層16が配置されており、特に軟磁性層12においては、非磁性領域20と柱状軟磁性体21からなり、それら柱状磁性

体の直径 22 が 1 ~ 9 nm の範囲のいずれかで、柱状軟磁性体の間隔 23 が 3 ~ 10 nm の範囲のいずれかの値で配置されていることが特徴である。

【0026】

上記の下地層 A11 は、基板 10 と軟磁性層 12 との間に設けられた単層または 2 層以上の非磁性導電膜からなり、軟磁性層 12 における柱状軟磁性体 21 の形成において、電着法で作製する場合には電極となり、かつ配向性を制御するための役割も担うことが好ましい。特に、Pt, Pd, Cu, Agなどを成分とした金属膜を用いることが好ましい。また、単層膜に限らず、目的により複数の膜を用いることも可能である。

【0027】

上記の下地層 B13 は、軟磁性層 12 と記録層 14 との間に設けられた単層または 2 層以上の非磁性導電膜からなり、記録層 14 における配向性を制御するための役割を担うことが好ましい。特に、Pt, Pd, Cu, Agなどを成分とした金属膜を用いることが好ましい。特に、これらの (111) 面、(001) 面のように配向性を持たせておくことが好ましい。従って、前もって MgO のような金属膜の配向性も制御する層を追加し、複数の膜を下地層として用いることも可能である。

【0028】

上記の基板 10 は、表面が平坦なものであればどのようなものでも使用可能であるが、特にガラス、アルミニウム、カーボン、プラスチック、MgO、Siなどを基板として使用するのが好ましい。アルミニウム基板の場合は硬度を確保するために NiP 膜をメッキ法などにより下地層として形成しておくことが望ましい。

【0029】

上記の軟磁性層 12 において、非磁性領域 20 はシリコン、またはその酸化物、窒化物などが用いられる。特に、酸素雰囲気中やアンモニア雰囲気中でのアニールによる形成法を用いてもよいが、硫酸、蓚酸、リン酸溶液中などにおける陽極酸化での酸化によってシリコンを酸化しても良い。21 の柱状軟磁性体は、CoFe、NiFe などからなるのが好ましい。

【0030】

また、非磁性領域 20 のシリコン部分は、 Al_xSi_{1-x} ($x=0.02\sim 0.2$) であることが好ましい。また、これらの酸化物であることも好ましく、 $(Al_xSi_{1-x})_yO_{1-y}$ ($x=0.02\sim 0.2$) で、 y の値は特に限定するものではない。

【0031】

上記の記録層 14 は、 $Co_{50}Pt_{50}$ 、 $Fe_{50}Pt_{50}$ 、または $(CoFe)_{50}Pt_{50}$ を主成分とする L_{10} 規則構造を有し、 $1\sim 9\text{ nm}$ 程度の直径の円柱形状からなり、かつ各々は非磁性材料 $3\sim 10\text{ nm}$ の間隔で分離された構造からなるのが好ましい。

上記の保護層 15 は、カーボン膜など、特に DLC (ダイヤモンドライクカーボン) からなるのが好ましい。

上記の潤滑層 16 は、ハードディスクに塗布される市販品、またはその類似物などからなるのが好ましい。

【0032】

<垂直磁気記録媒体の製造方法>

以下、本発明の垂直磁気記録媒体の製造方法について詳細に説明する。

図 9 は、本発明の垂直磁気記録媒体の製造方法の一実施態様を示す工程図である。図 9 において、本発明の垂直磁気記録媒体の製造方法は、下記の (a) 工程～(d) 工程を有することを特徴とする。

【0033】

(a) 工程：基板上に下地層 A を形成する。

(b) 工程：次に、非平衡状態でのアルミニウムとシリコンの同時堆積の過程により、前記基板にアルミニウムを主成分とする柱状構造部分と該柱状構造部分の周囲を取り囲むようにシリコンを主成分とする非磁性領域を形成する。

【0034】

(c) 工程：該アルミニウムを主成分とする柱状構造部分を柱状軟磁性体に置換する工程からなる。酸溶液中に浸漬してアルミニウムを主成分とする柱状構造部分のみをエッチングして微細柱状空孔を形成するか、あるいは酸溶液中におけ



る陽極酸化によりアルミニウムを主成分とする柱状構造部分のみをエッチングして微細柱状空孔を形成し、該微細柱状空孔に軟磁性体を充填して軟磁性層を形成する。

【0035】

(d) 工程：該軟磁性層上に、下地層 B、記録層、保護層および潤滑層を順次形成する。

【0036】

次に、上記の各工程について、順に追って説明する。

(a) 工程：下地層成膜工程

基板上に下地層 A を形成する。下地層 A の成膜は、Pt, Pd, Cu, Agなどを成分とした金属膜をスパッタリング法により、形成することが好ましい。また、単層膜または複数の膜を用いることもができる。ただし、成膜方法については、平坦に成膜可能であれば手段は選ぶ必要が無く、スパッタリング法に限定するものではない。

【0037】

(b) 工程：アルミニウムシリコン層形成工程

次に、非平衡状態でアルミニウムとシリコンの同時堆積の過程により、前記基板にアルミニウムを主成分とする柱状構造部分と該柱状構造部分の周囲を取り囲むようにシリコンを主成分とするシリコン領域（非磁性領域）を有するアルミニウムシリコン層を形成する。

【0038】

本発明は、特にアルミニウムシリコン層を形成する工程に特徴を有するので、この工程について以下に説明する。

アルミニウムとシリコンを非平衡状態で物質を形成する成膜法を用いて、基板の下地層 A 上にアルミニウムシリコン層を形成する。ここでは、非平衡状態で物質を形成する成膜法として、スパッタリング法を用いた例を示す。

【0039】

図 11 に示す様に、基板 10 上に形成した下地層 A11 の上に、非平衡状態で物質を形成する成膜法であるマグネトロンスパッタリング法により、アルミニウ

ムシリコン層 35 を形成する。アルミニウムシリコン層 35 は、アルミニウムを主成分とする組成からなるアルミニウム柱状構造体 37 と、その周囲のシリコンを主成分とするシリコン領域 38 から構成される。

【0040】

図 10 を用いて、非平衡状態で成膜する方法として、スパッタリング法を用いてアルミニウムシリコン層を成膜する方法について説明する。なお、図 10 において、1 が基板、2 がスパッタリングターゲットである。スパッタリング法を用いる場合は、アルミニウムとシリコンの割合を簡単に変化させることができる。

図 10 に示したように、基板 1 上に、非平衡状態で物質を形成する成膜法であるマグネトロンスパッタリング法により、アルミニウムシリコン層を形成する。

【0041】

原料としてのシリコン及びアルミニウムは、図 10 のようにアルミニウムのターゲット 2 上にシリコンチップ 3 を配することで達成される。シリコンチップは、図 10 では、複数に分けて配置しているが、勿論これに限定されるものではなく、所望の成膜が可能であれば、1 つであっても良い。但し、均一なアルミニウムを含む柱状構造体をシリコン領域内に均一に分散させるには、基板 1 に対象に配置しておくのがよい。

【0042】

また、所定量のアルミニウムとシリコンとの粉末を焼成して作製したアルミニウムシリコン焼成物を成膜のターゲット材として用いることもできる。

また、アルミニウムターゲットとシリコンターゲットを別々に用意し、同時に両方のターゲットをスパッタリングする方法を用いても良い。

【0043】

形成される膜中のシリコンの量は、アルミニウムとシリコンの全量に対して 20 ～ 70 a t o m i c % であり、好ましくは 25 ～ 65 a t o m i c %、さらに好ましくは 30 ～ 60 a t o m i c % である。シリコン量が斯かる範囲内であれば、シリコン領域内にアルミニウムの柱状構造体が分散したアルミニウムシリコン層が得られる。

【0044】

上記のアルミニウムとシリコンの割合を示す $\text{atomic}\%$ とは、シリコンとアルミニウムの原子の数の割合を示し、 $\text{atom}\%$ あるいは $\text{at}\%$ とも記載され、例えば誘導結合型プラズマ発光分析法でアルミニウムシリコン層中のシリコンとアルミニウムの量を定量分析したときの値である。

【0045】

なお、上記割合においては、 $\text{atomic}\%$ を単位として用いているが、 $\text{wt}\%$ を単位として用いる場合は、シリコンが $20\text{ atomic}\%$ 以上 $70\text{ atomic}\%$ 以下の場合は、 $20.65\text{ wt}\%$ 以上 $70.84\text{ wt}\%$ 以下となる ($\text{atomic}\%$ から $\text{wt}\%$ への換算は、アルミニウムの原子量を 26.982 、シリコンの原子量を 28.086 としてアルミニウムとシリコンの重量比を求め、(重量比) \times ($\text{atomic}\%$) の値から $\text{wt}\%$ に換算することができる。

【0046】

また、基板温度としては、 200°C 以下であり、好ましくは 100°C 以下であるのがよい。

なお、このような方法でアルミニウムシリコン層を形成すると、アルミニウムとシリコンが準安定状態の共晶型組織となり、アルミニウムが数 nm レベルの円柱状構造を形成し、自己組織的にシリコンと分離する。そのときの円柱状形状アルミニウムの直径は $1\sim 10\text{ nm}$ であり、間隔は $3\sim 15\text{ nm}$ である。

【0047】

アルミニウムシリコン層のシリコンの量は、例えばアルミニウムターゲット上に置くシリコンチップの量を変えることで制御できる。

【0048】

非平衡状態で成膜を行う場合、特にスパッタリング法の場合は、アルゴンガスを流したときの反応装置内の圧力は、 $0.2\sim 1\text{ Pa}$ 程度がよい。しかし、特に、これに限定されるものではなく、アルゴンプラズマが安定に形成される圧力であればよい。

【0049】

非平衡状態で物質を形成する成膜法は、スパッタ法が好ましいが抵抗加熱蒸着、電子ビーム蒸着 (EB 蒸着) をはじめとする任意の非平衡状態で物質を形成す

る成膜法が適用可能である。

【0050】

また、成膜する方法としては、シリコンとアルミニウムを同時に形成する同時成膜プロセスを用いても良いし、シリコンとアルミニウムを数原子層ずつ積層する積層成膜プロセスを用いてもよい。

【0051】

上記の様にして成膜されたアルミニウムシリコン層 35 は、アルミニウムを主成分とする組成からなるアルミニウム柱状構造体 37 と、その周囲のシリコンを主成分とするシリコン領域 38 を備える。

【0052】

アルミニウムを含有する柱状構造体部 37 の組成は、アルミニウムを主成分とするが、柱状構造の微細構造体を得られていれば、シリコン、酸素、アルゴン、窒素などの他の元素を含有していてもよい。なお、主成分とは、柱状構造体部の成分構成比においてアルミニウムの割合が 80 atomic % 以上、好ましくは 90 atomic % 以上が望ましい。この場合、酸に容易に溶解する成分構成比になっていることが重要である。

【0053】

また、アルミニウム柱状構造体の周囲を取り囲んでいるシリコン領域 38 の組成は、シリコンを主成分とするが、柱状構造の微細構造体を得られていれば、アルミニウム、酸素、アルゴン、窒素、水素などの各種の元素を含有してもよい。なお、主成分とは、シリコン領域の成分構成比においてシリコンの割合が 80 atomic % 以上、好ましくは 80 ~ 98 atomic %、さらに好ましくは 93 ~ 98 atomic % が望ましい。

【0054】

上記の様に、基板上にアルミニウムとシリコンを同時にスパッタリングすることで、基板垂直方向に立った無数の柱状アルミニウムとその側面を取り囲むように配置されるシリコンからなるアルミニウムシリコン層が形成される。好ましくは、このときの柱状アルミニウムの直径は 1 ~ 9 nm であり、その柱状アルミニウム間の間隔は 3 ~ 10 nm である。これらの直径と間隔はアルミニウムとシリ

コンとの組成比から決定される。

【0055】

上記のアルミニウム柱状構造体の周囲を取り囲んでいるシリコン領域38は、柱状軟磁性体の周囲を取り囲む非磁性材料からなる非磁性領域20となる。シリコン領域38、すなわち非磁性領域20は、 $Al_x Si_{1-x}$ の組成からなるのが好ましい。 $x=0.02\sim0.2$ 、好ましくは $0.02\sim0.07$ を示す。

【0056】

(c) 工程：柱状構造部分を柱状軟磁性体に置換する工程

次に、前記アルミニウムを主成分とする柱状構造部分を柱状軟磁性体に置換する工程を行う。この工程は次の2つの方法により行なうことができる。

【0057】

第一は、酸溶液中に浸漬してアルミニウムを主成分とする柱状構造部分のみをエッチングして微細柱状空孔を形成する工程である。リン酸のようにシリコンを溶かさずアルミニウムのみを溶かす溶液に浸漬することでアルミニウムを除去し、微細な空孔を形成することが可能である。

【0058】

第二は酸溶液中における陽極酸化によりアルミニウムを主成分とする柱状構造部分のみをエッチングして微細柱状空孔を形成する工程である。硫酸などの溶液中での陽極酸化により、アルミニウム部分を溶出させ、微細な空孔を形成する。この場合には、シリコン部分の酸化も達成される。この場合、陽極酸化溶液の温度は何℃でもよく、 $10^{\circ}\text{C}\sim30^{\circ}\text{C}$ が好ましい。また、濃度においても限定がなく、 $0.3\text{mol/l}\sim7\text{mol/l}$ まで使用可能である。さらに、陽極酸化電圧に関しては、 10V 以下であることが好ましいが、特に下地層A11との密着性が弱い時には、 2V 以下であることが好ましい。

【0059】

次に、形成された該微細柱状空孔に軟磁性体を充填して軟磁性層を形成する。軟磁性体用のめっき液に浸漬し、めっき法により微細な空孔に軟磁性体を充填することが可能である。つまり、めっき可能である軟磁性体は、すべて用いることができる。特に、 $CoFe$ 、 $NiFe$ はめっきの点から考えて有効である。この

とき、下地層 A11 は、電解めっきのときには電極として、無電解めっきのときは触媒として作用することが好ましい。

【0060】

また、電着法で充填した場合、微細な空孔の上部に溢れ出した軟磁性体は、ダイヤモンドスラリー、コロイダルシリカ等を用いた精密研磨を施し、その R_{ms} (2乗平均の平方根) は 1 nm 以下にすることが好ましい。

【0061】

(d) 工程：該軟磁性層上に、下地層 B、記録層、保護層および潤滑層を順次形成する。

上記の下地層 B の成膜はスパッタリング法、保護層の成膜は CVD 法、スパッタリング法により形成することが好ましい。また、単層膜または複数の膜を用いることもができる。また、記録層については、本発明の軟磁性層と同様の製造方法で、磁性体を $Co_{50}Pt_{50}$ 、 $Fe_{50}Pt_{50}$ 、または $(CoFe)_{50}Pt_{50}$ 等にすることで形成されることが好ましい。また、潤滑層は、潤滑材料に浸漬、またはスピコートすることで形成することが好ましい。

【0062】

本発明の垂直磁気記録媒体は、磁気記録再生装置として用いるには、図 7 に示すように、上記垂直磁気記録媒体 71 以外に読み取り書き込み磁気ヘッド 73、モーターなどの駆動制御装置、信号処理回路、防塵ケース等を組み込むことが必要である。しかし、磁気記録再生装置において、垂直磁気記録媒体の駆動は回転のみ、磁気ヘッドの駆動は円周上のスライドのみに限定されるものではない。

【0063】

また、前記磁気記録再生装置を情報処理装置として用いるには、図 8 に示す様に、磁気記録再生装置 82 以外にメモリ部 84 と演算部 83 と電源 85 と外部入出力部 86 とそれらを接続する配線 87 を有していることが必要である。しかし、情報処理装置において、配線は有線、無線のどちらでも可能である。

【0064】

【実施例】

以下に実施例をあげて、本発明を説明する。

【0065】

実施例 1

本実施例は、本発明における垂直磁気記録媒体の軟磁性層の構成と製造方法に関するものである。

まず、ガラス基板上に Pt を 20 nm、Al₅₀Si₅₀層 (Al 50 atomic %、Si 50 atomic %の組成) を 300 nmの厚さに成膜した。

ガラス基板上に下地層の Pt は、スパッタリング法により成膜した。

【0066】

Al₅₀Si₅₀層は、下地層を形成したガラス基板上に、マグネトロンスパッタリング法を用いて、300 nmの厚さに形成した。ターゲットには、直径4インチ (101.6 mm) の円形のアルミニウムターゲット上に、15 mm角のシリコンチップを6枚置いたものを用いた。スパッタリング条件は、RF電源を用いて、Ar流量: 50 sccm、放電圧力: 0.7 Pa、投入電力: 1 kWとした。また、基板温度は室温 (25℃) とした。

【0067】

なお、ここではターゲットとして、アルミニウムターゲット上にシリコンチップを6枚置いたものを用いたが、シリコンチップの枚数はこれに限定されるものではなく、スパッタリング条件により変化し、AlSi層の組成が所定のシリコン含有量近辺になれば良い。また、ターゲットはアルミニウムターゲット上にシリコンチップを置いたものに限定了なものではなく、シリコンターゲット上にアルミニウムチップを置いたものでも良いし、シリコンとアルミニウムを焼結したターゲットを用いても良い。

【0068】

これを走査型電子顕微鏡 (SEM) で観察すると、図4に示す様に、柱状アルミニウム部分41とシリコン部分40からなる膜が形成されていることが確認された。

【0069】

さらに、リン酸に十分な時間浸漬した後に再度SEMで観察すると、前述の柱状アルミニウム部分41が微細な空孔となっていることが確認された。また、空

孔は表面から下地層である Pt まで貫通していることも断面からの SEM 観察で確認した。また、Pd, Cu, Ag 下地層に対しても同様に形成可能であることを確認した。

【0070】

引き続き、空孔中への軟磁性体の充填を行うために、NiFe 電着液を準備した。これは、硫酸ニッケル (II) 7水和物と硫酸鉄 (II) 7水和物を 1:1 で混合したものである。電着は、24℃で Ag/AgCl 参照極に対して -1.0 V の電圧を印加して電着した。

【0071】

電着後溢れ出した軟磁性体を研磨し、SEM 観察をおこない、すべての空孔が軟磁性体で充填されていることが確認できた。

軟磁性体の直径は 6 nm、間隔は 9 nm であった。

次に、該軟磁性層上に、下地層の MgO (001)、さらにその上に Pt (001)、記録層の FePt の L₁₀規則合金、保護層の DLC (ダイヤモンドライクカーボン) および潤滑層を形成して垂直磁気記録媒体を得た。

【0072】

実施例 2

本実施例は、本発明における垂直磁気記録媒体の軟磁性層の構成ともう一つの製造方法に関するものである。

ガラス基板上に Pt を 20 nm、Ti を 1 nm、Al₅₀Si₅₀ を 300 nm の厚さに成膜した。もちろん、図 4 に示されるように、柱状アルミニウム部分 41 とシリコン部分 40 からなる膜が形成された。

【0073】

ここで、20℃の硫酸水溶液 (濃度 7 mol/l) 中で上記の膜を陽極として、陰極をアルミニウム板として、攪拌しながら、5 V の電圧を印加して陽極酸化を行った。

【0074】

陽極酸化の終了は、図 5 に示す電流値減少開始点から 60 秒後に終了した。引き続き、水酸化ナトリウム (濃度 0.1 mol/l) 中に 30 min 浸漬し、十

分水洗した。その後 S E M 観察により、空孔が形成されていることを確認した。

【 0 0 7 5 】

また、実施例 1 の場合はシリコン部分 4 0 がそのまま残っていたが、本実施例ではシリコン部分 4 0 が酸化されシリカになっていた。さらに、酸化のため空孔の径は実施例 1 の場合に比べて、僅かに小さくなっていることも確認した。特に、空孔は下地層の P t まで貫通していることも断面からの S E M 観察で確認した。また、P d, C u, A g 下地層に対しても同様に形成可能であることを確認した。

【 0 0 7 6 】

引き続き、空孔中への軟磁性体の充填を行うために、実施例 1 と同様の N i F e 電着液を準備し、電着は、2 4 ℃で A g / A g C l 参照極に対して - 1 . 0 V の電圧を印加して電着した。

【 0 0 7 7 】

電着後溢れ出した軟磁性体を研磨し、S E M 観察を行うと、すべての空孔が軟磁性体で充填されていることが確認できた。

軟磁性体の直径は 5 n m、間隔は 9 n m であった。

次に、該軟磁性層上に、下地層の M g O (0 0 1)、さらにその上に P t (0 0 1)、記録層の F e P t の L 1 0 規則合金、保護層の D L C (ダイヤモンドライクカーボン) および潤滑層を形成して垂直磁気記録媒体を得た。

【 0 0 7 8 】

実施例 3

本実施例では、軟磁性層の軟磁性体の分布に関する。

実施例 1 および 2 で作製した軟磁性層を形成したものを試料 A, B とし、図 3 に示すシリカとのグラニュー膜のものを試料 C とする。すべて、軟磁性層の膜厚は 3 0 0 n m で統一した。

なお、試料 C は、スパッタリング法により作製した。

【 0 0 7 9 】

試料 A の柱状軟磁性体の直径分布は 5 n m を中心として図 6 の a で示される。試料 B の柱状軟磁性体の直径分布は 4 n m を中心として図 6 の b で示される。ま

た、試料Cのグラニューラ膜における軟磁性体粒子の直径は8 nmを中心として図6のcで示される。

【0080】

これらの分布を比較するとグラニューラ膜の方が体積に換算すると、直径の揺らぎの3乗となり、柱状形状の場合に比べても体積の揺らぎが大きい。また、垂直磁気記録において、図3に示すように、グラニューラ膜の方が基板または記録領域に対して垂直方向にも軟磁性粒子がランダムに分散している点においても、磁束のパスに不均一を生じさせることがわかる。

【0081】

実施例4

本実施例は、再生時のノイズに関する。

実施例3と同様の試料A, B, Cで適度な膜厚にすることで飽和磁束密度 B_s を一定にしたものを準備して、それぞれA', B', C'とした。また、軟磁性層を連続膜にしたものをD'として準備した。記録層は、CoCrPtの厚さ30 nmの膜で統一した。

【0082】

これらを単磁極ヘッドで書き込んだ後に記録パターンをGMRヘッドで読み取ると、D'はスパイク状ノイズが頻繁に出現したが、A', B', C'はスパイク状ノイズが少なかった。これは、磁壁が存在しないことに対応していると考えられる。

【0083】

次に、これらA', B', C'における記録ビット間の遷移領域の半値幅であるPW50を測定した。A'を1.0とした場合、B', C'のそれはそれぞれ0.98、1.04であった。これは、軟磁性層の軟磁性粒子の分布による不均一に関係している。

以上から、軟磁性層の軟磁性体の直径、もしくは体積の揺らぎによる局所的な B_s の不均一がノイズの低減を阻害していることが分かる。

【0084】

実施例5

本実施例は、磁気記録再生装置に関するものである。

上記の各実施例 3、4 で試みたように本発明の垂直磁気記録媒体は、従来の軟磁性層に比べてスパイク状ノイズが格段に減少しており、低ノイズで記録再生することが可能である。そこで、本発明の垂直磁気記録媒体を、図 7 のような磁気記録媒体駆動部 7 2 と磁気ヘッド 7 3 と磁気ヘッド駆動部 7 4 と信号処理部 7 5 からなる装置に組み立てることで、磁気記録装置を形成することが可能である。

ただし、本実施例により磁気記録媒体の駆動は回転のみ、磁気ヘッドの駆動は円周上のスライドのみに限定されるものではない。

【0085】

実施例 6

本実施例は、情報処理装置に関するものである。

前記、実施例 5 に示す磁気記録再生装置は、情報の出し入れが可能であるため、図 8 に示すように、前記磁気記録再生装置 8 2 とメモリ部分 8 4 と演算部 8 3 と外部入出力部 8 6 と電源 8 5 とこれらをつなぐ配線 8 7 を格納容器 8 1 に収めた情報処理装置を形成することが可能である。

【0086】

【発明の効果】

以上説明した様に、本発明によれば、柱状軟磁性体が均一に分散した軟磁性層を用いることにより、記録再生ノイズを低減した 2 層垂直磁気記録媒体を提供することができる。

また、本発明は、上記垂直磁気記録媒体を用いて記録再生ノイズを低減した磁気記録再生装置、その磁気記録再生装置を用いた情報処理装置を提供することができる。

【0087】

また、本発明は、基板の垂直方向に立った円柱状アルミニウムの周囲をシリコンで取り囲んだ構造を有する膜を用い、アルミニウム部分を柱状軟磁性体に置換することで、柱状軟磁性体が均一に分散した軟磁性層を形成した垂直磁気記録媒体の製造方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の垂直磁気記録媒体の実施態様の一例を示す模式図である。

【図 2】

本発明の垂直磁気記録媒体における軟磁性層の実施態様の一例を示す模式図である。

【図 3】

グラニューラー構造を示す模式図である。

【図 4】

柱状アルミニウムとシリコンからなる構造体を示す模式図である。

【図 5】

実施例 2 の陽極酸化中の電流値のプロファイルを示す図である。

【図 6】

実施例 3 の柱状軟磁性体の粒径分布を示す図である。

【図 7】

本発明の垂直磁気記録媒体を用いた磁気記録再生装置の模式図である。

【図 8】

本発明の磁気記録再生装置を用いた情報処理装置の概念図である。

【図 9】

本発明の垂直磁気記録媒体の製造方法の一実施態様を示す工程図である。

【図 10】

本発明におけるアルミニウムシリコン層の成膜方法の一例を示す概略図である。

【図 11】

本発明におけるアルミニウムシリコン層を示す概念図である。

【符号の説明】

- 1 基板
- 2 ターゲット
- 3 シリコンチップ
- 4 Ar プラズマ

- 10 基板
- 11 下地層 A
- 12 軟磁性層
- 13 下地層 B
- 14 記録層
- 15 保護層
- 16 潤滑層
- 20 非磁性領域
- 21 柱状軟磁性体
- 22 柱状軟磁性体の直径
- 23 柱状軟磁性体の間隔
- 30 非磁性体部分
- 31 軟磁性粒子部分
- 32 軟磁性粒子の直径
- 33 軟磁性粒子の間隔
- 34 グラニューラー膜
- 35 アルミニウムシリコン層
- 37 アルミニウム柱状構造体
- 38 シリコン領域
- 40 シリコン部分
- 41 柱状アルミニウム部分
- 42 柱状アルミニウムの直径
- 43 柱状アルミニウムの間隔
- 71 垂直磁気記録媒体
- 72 磁気記録媒体駆動部
- 73 磁気ヘッド
- 74 磁気ヘッド駆動部
- 75 信号処理部
- 81 格納容器

8 2 磁気記録再生装置

8 3 演算部

8 4 メモリ部

8 5 電源

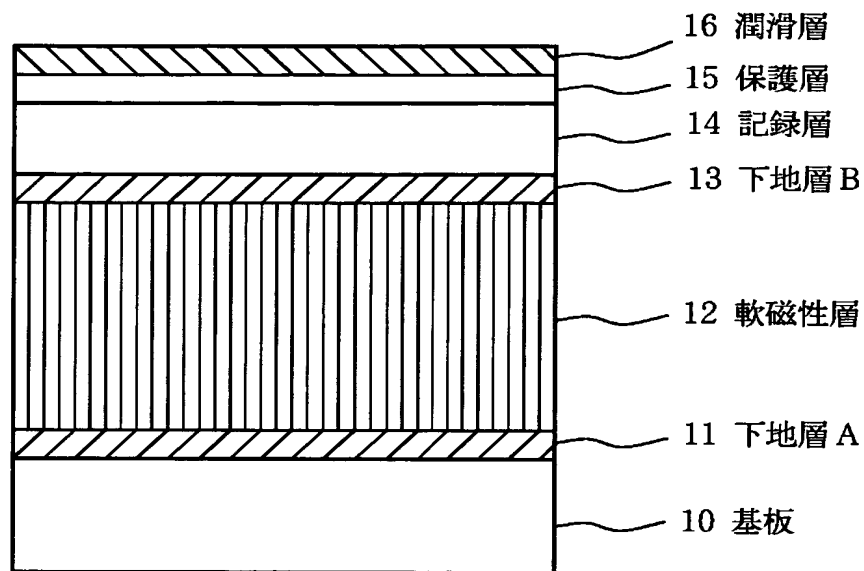
8 6 外部入出力部

8 7 配線

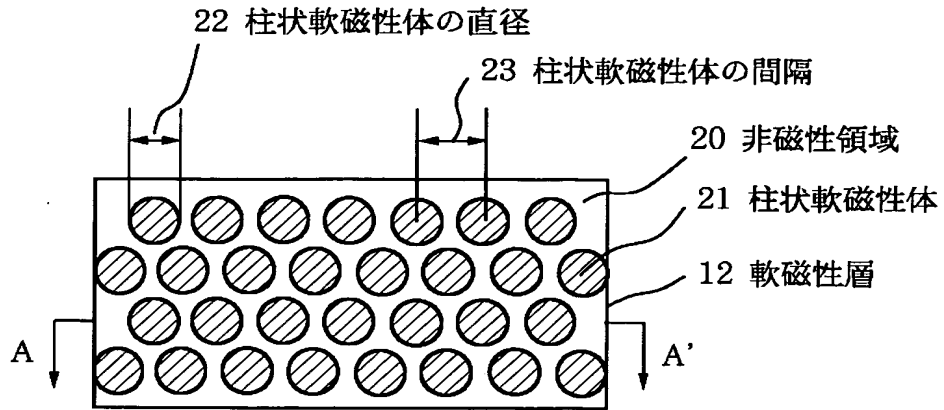
【書類名】

図面

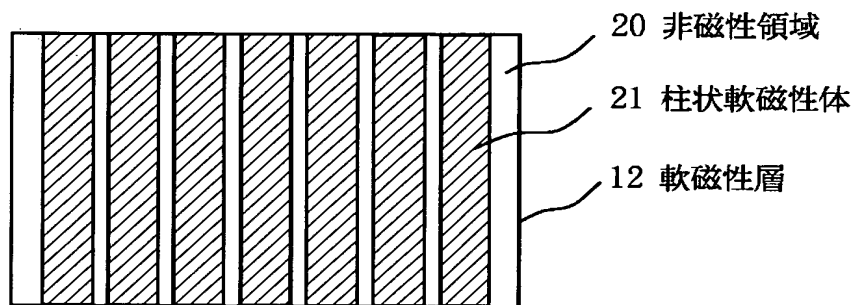
【図 1】



【図 2】

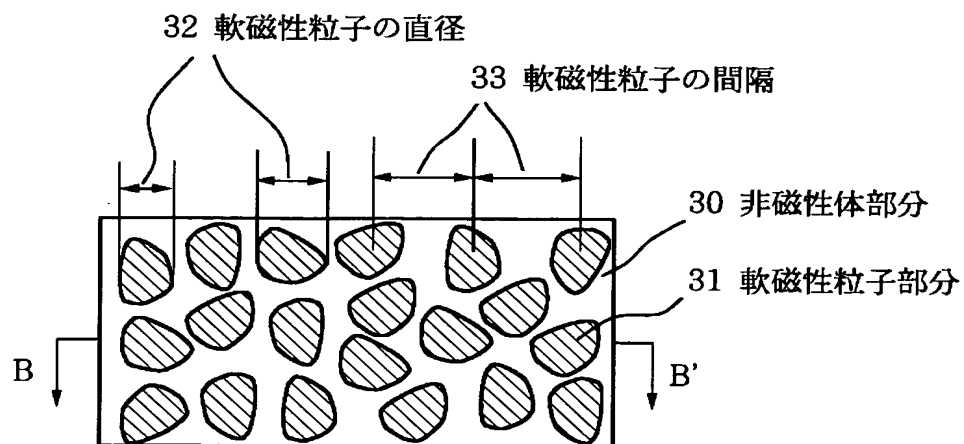


(a)

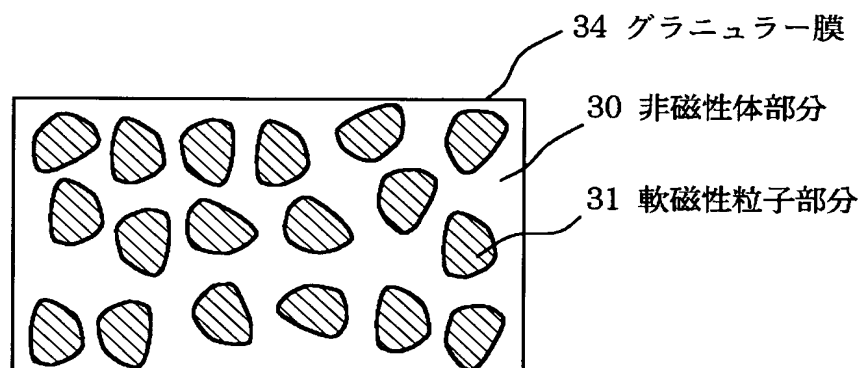


(b)

【図 3】

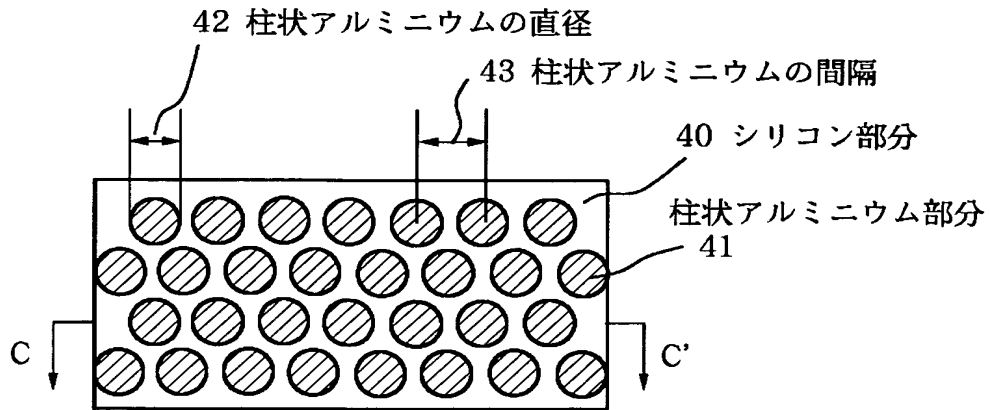


(a)

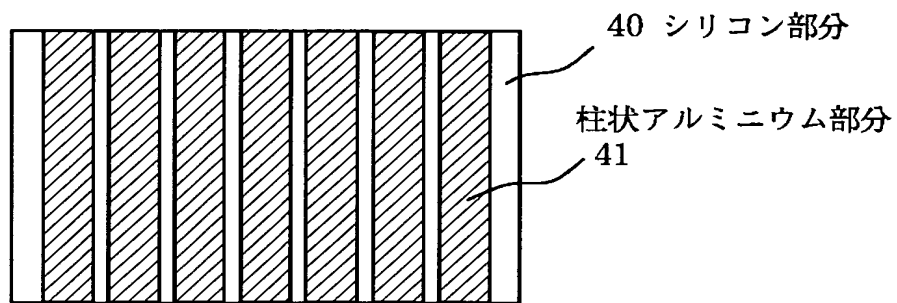


(b)

【図 4】

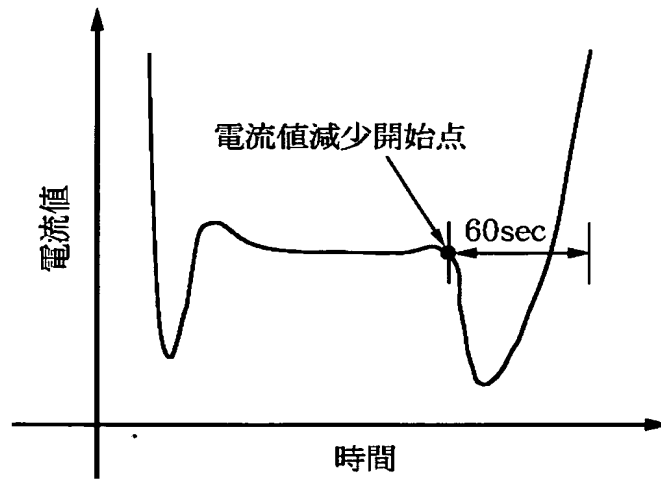


(a)

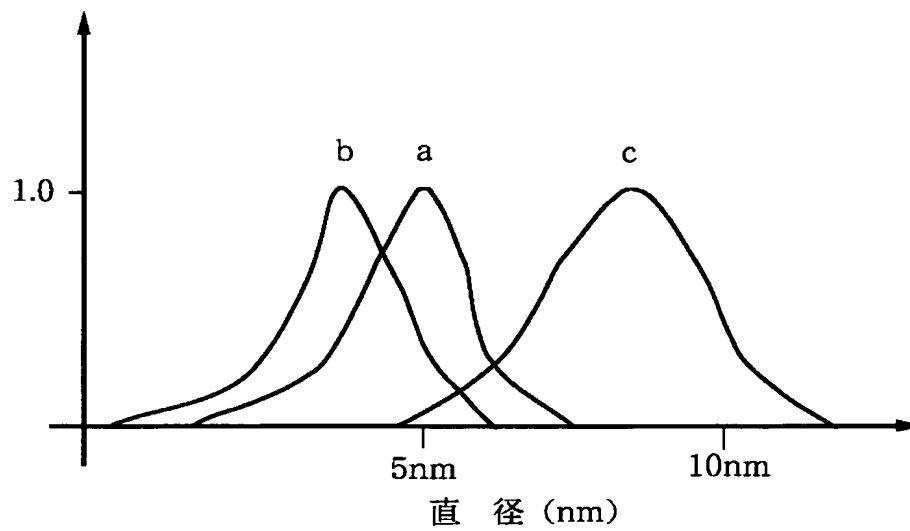


(b)

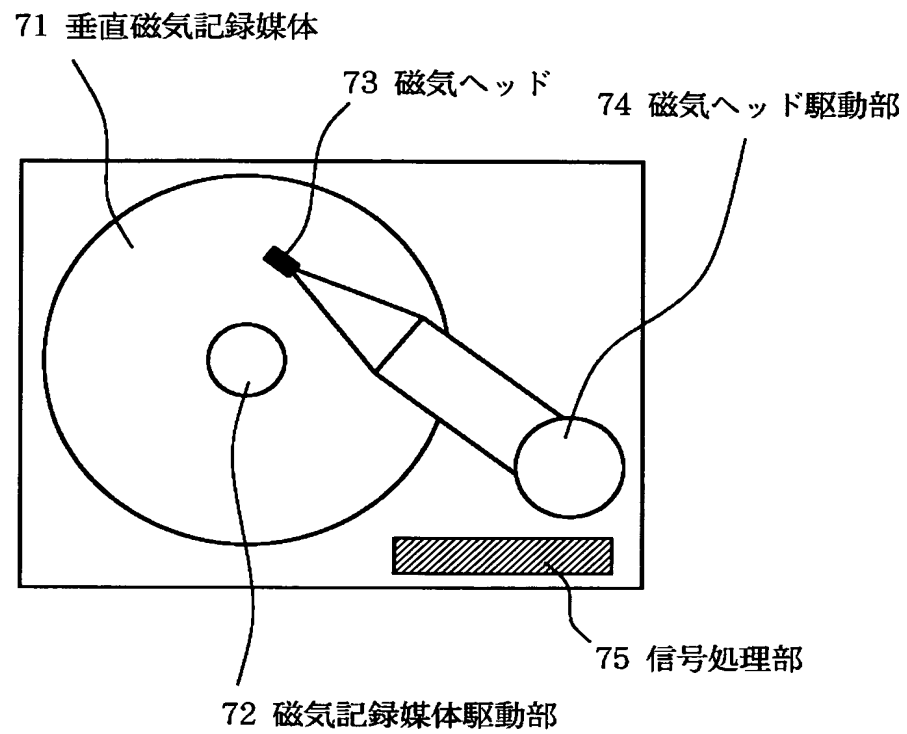
【図 5】



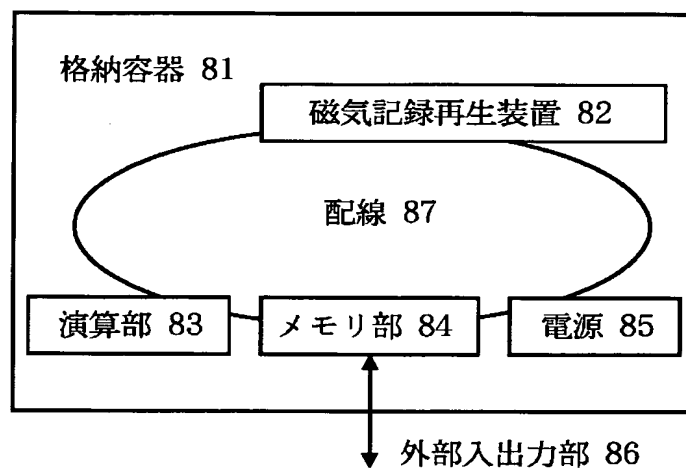
【図 6】



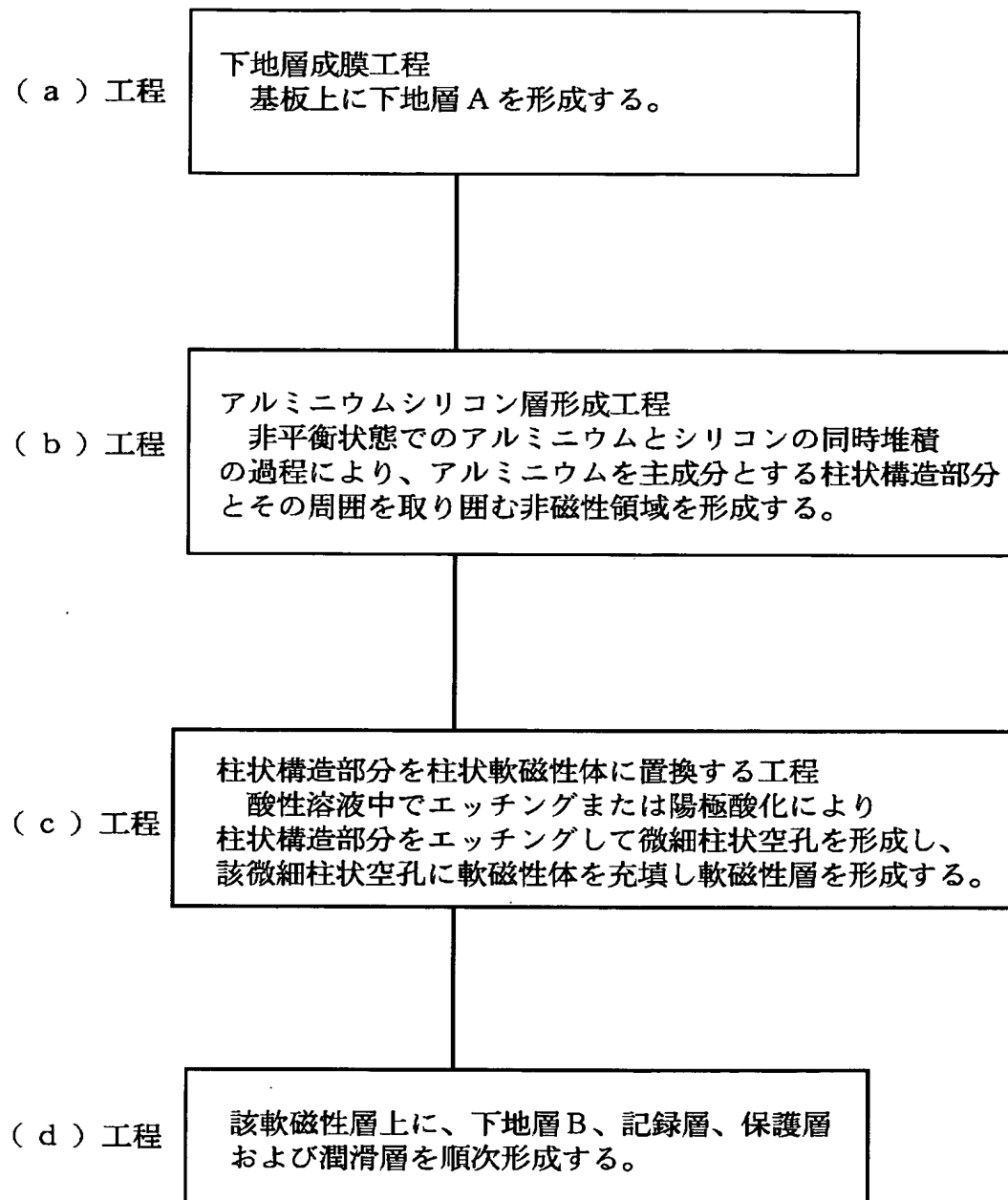
【図 7】



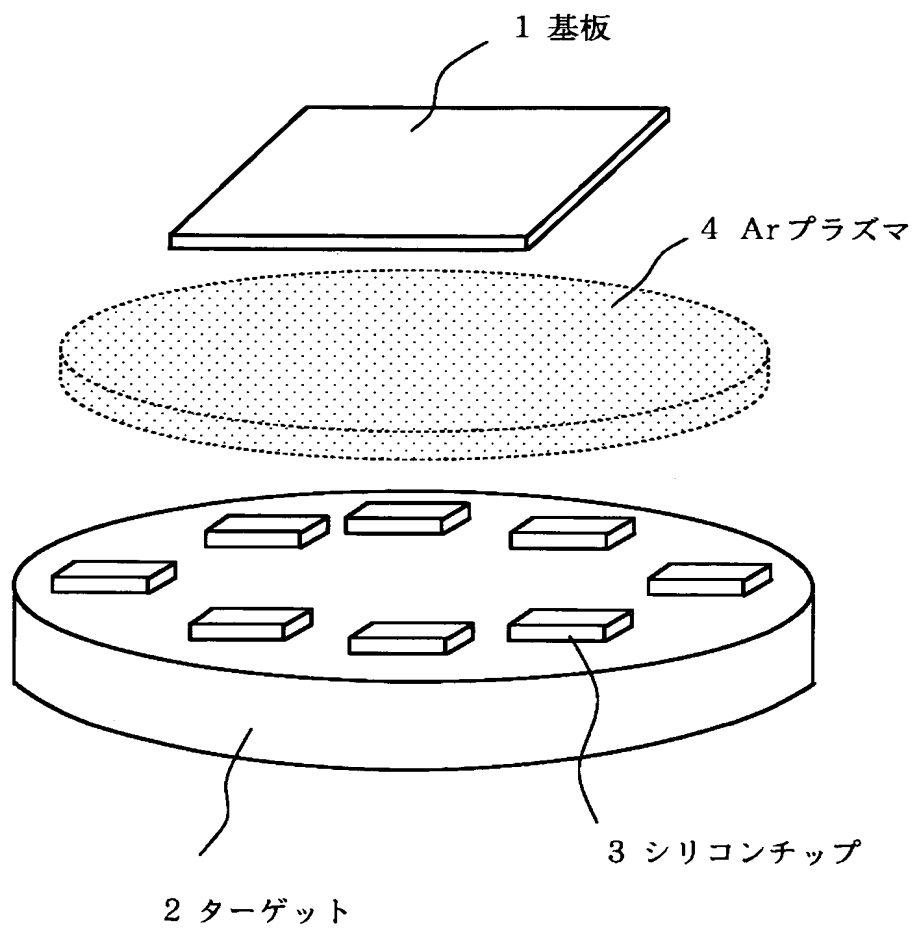
【図 8】



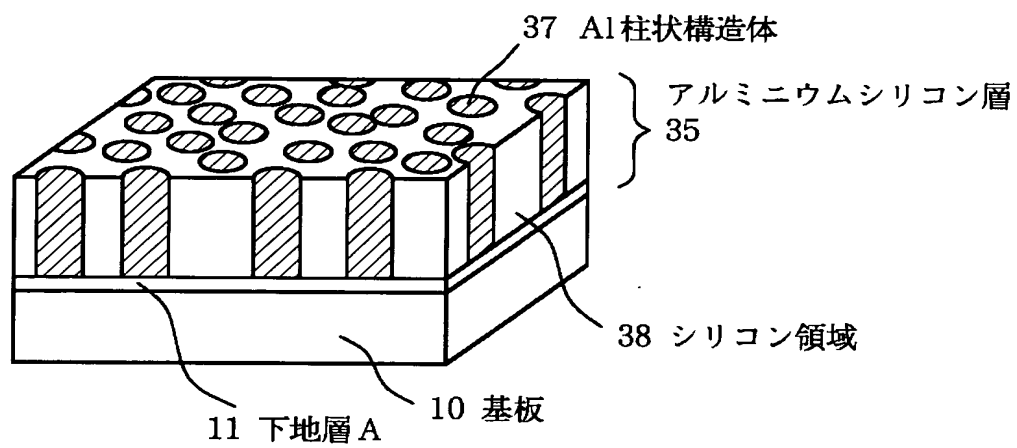
【図 9】



【図 10】



【図 11】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 記録再生ノイズを低減した2層垂直磁気記録媒体を提供する。

【解決手段】 基板と、該基板上に配置されている軟磁性層12と記録層を有する垂直磁気記録媒体において、前記軟磁性層12が基板垂直方向に立っている柱状軟磁性体21と、該柱状軟磁性体の周囲を取り囲む非磁性材料からなる非磁性領域20からなる垂直磁気記録媒体。非磁性材料は $Al_x Si_{1-x}$ ($x=0.02\sim0.2$ を示す。) またはその酸化物を主成分として含有する。柱状軟磁性体の平均直径が $1\sim9\text{ nm}$ 、平均間隔が $3\sim10\text{ nm}$ である。

【選択図】 図2

特願 2 0 0 2 - 0 9 6 4 2 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 1 0 0 7]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号

氏 名

キヤノン株式会社